非保存秩序変数系の秩序形成における熱的ノイズ効果

九大・理　太田隆夫

秩序・無秩序転移点以下に急冷すると系は揺ぎの増大を経て新しい平衡状態に落ち着く。最近の計算機実験はこの秩序化過程にスケーリング則が存在することを示している。[1,2] 急冷後充分時間が経過すると，局所的には充分発達した秩序domain ができるだろう。我々はdomain を形づくる界面の運動に着目して上のスケーリング則を導出した。[3] 結果は計算機実験とよい一致を示した。このとき無視した界面に働く熱揺動力の効果を以下議論する。[4]

散乱関数の温度依存性はGunton 達によって最近，計算機実験で調べられている。[5] また，実際の実験でも熱揺ぎの効果が観測されている。[6]

上のスケーリング則ではdomain の大きさを特徴づける長さ $l(t)$ の存在が本質的である。一方，熱揺動には秩序変数の揺ぎの相関距離ξが付随する。ξは界面の厚さの程度である。スケーリング則が成り立つ時間領域では $l(t) \gg \xi$ であり，したがって，揺ぎは界面の運動に irrelevant であると予想できる。つまり，温度依存性はスケーリング関数に内在するパラメーターに繰り込まれるか，あるいは，いわゆる correction to scaling という形で入ってくるだろう。（もちろん，これらは上の実験と矛盾しない。）

非保存系の界面モデルは次の方程式で与えられる。[7]

$$v(a,t) = \Gamma\ K(a,t) + \Theta(a,t) \tag{1}$$

ここに，aは界面上の位置を指定する。$v(a,t)$ は界面の速度の法線成分。$K(a,t)$は平均曲率。界面はその面積を小さくする方向に動く。Γは秩序変数に付随する Onsager 係数。$\Theta(a,t)$ は揺動力をあらわし相関は

$$\langle \Theta(a,t)\,\Theta(a',t')\rangle = 2k_BT\,\frac{\Gamma}{\sigma}\,\delta(a-a')\,\delta(t-t') \tag{2}$$

σは界面張力である。方程式(1)は文献3)のように補助場を導入しそれについて線型化して近似的に解くことができる。次のような結果を得た。[4]

(i) Onsager係数Γが繰り込まれる。すなわち繰り込まれた係数をΓ_Rとして

$$\Gamma_R = \Gamma\left\{1 - \frac{2d}{d-1}k_BT\left(\frac{\Delta M}{\sigma}\right)^2 (c\xi)^{-d}\right\} \tag{3}$$

ここに，dは空間の次元，ΔMは界面上での秩序変数のとびである。関係 $(\Delta M)^2/\xi = \sigma$ に注意。これは平均場理論で正しい。臨界点近傍では第2項は温度によらない定数になる。それが1より大きいか小さいかはcの値による。ここでのセミマクロな取り扱いではcを一義的に決めることができない。しかし，(3)から，少なくとも，温度が高くなるにつれてΓ_Rが小さくなることがわかる。文献8)ではΓの繰り込みが考慮されていない。

(ii) 局所秩序変数$\psi(r,t)$ の空間相関は次のようになる。$(d>1)$

$$\langle \psi(\underset{\sim}{r},t)\psi(\underset{\sim}{r}',t)\rangle = \frac{(\Delta M)^2}{2\pi} \arcsin\left[\exp\left(-\frac{(\underset{\sim}{r}-\underset{\sim}{r}')^2}{4R_G(t)^2}\right)\right] \tag{4}$$

ここに，「慣性半径」R_G は

$$R_G^2 = \frac{2(d-1)}{d}\Gamma_R t \tag{5}$$

(3)，(4) から散乱関数は高温で broad になることがわかる。しかし，スケーリング関数は温度に explicit によらない。これは実験事実[6] と一致する。計算機実験[5] では弱い温度依存性がみられている。

(iii) correction to scaling として (4)に additive な項がつくが $(\xi/\ell(t))^d$ のオーダーであり無視できる。

参考文献

1) M. K. Phani et al, Phys. Rev. Lett. 45 (1980) 366.
2) P. S. Sahni et al, Phys. Rev. B24 (1981) 410.
3) T. Ohta, D. Jasnow and K. Kawasaki, Phys. Rev. Lett. 49 (1982) 1223.
4) T. Ohta, Ann. Phys. (in press).
5) K. Kaski, et al, Phys. Rev. B28 (1983) 5263.
6) Y. Yamada 日本物理学会講演 1983年秋 (岡山大学).
7) K. Kawasaki and T. Ohta, Prog. Theor. Phys. 67 (1982) 147.
8) M. Grant and J. D. Gunton, Phys. Rev. B28 (1983) 5496.